



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

RENATA GRASIELE MENDONÇA SANTOS

**ÁRVORES GRANDES, ISOLADAS E EXÓTICAS AFETAM APENAS AS
FORMIGAS ARBORÍCOLAS NOTURNAS EM UM AMBIENTE URBANO**

São Cristóvão

Março de 2019

RENATA GRASIELE MENDONÇA SANTOS

**ÁRVORES GRANDES, ISOLADAS E EXÓTICAS AFETAM APENAS AS
FORMIGAS ARBORÍCOLAS NOTURNAS EM UM AMBIENTE URBANO**

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Sergipe- UFS como requisito parcial
para conclusão da Graduação em Bacharel em
Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Arleu Barbosa Viana Junior

Coorientadora: Prof. Dra. Yana Teixeira Reis

São Cristóvão

Março de 2019

Dedico este trabalho aos meus pais, que me deram apoio por toda a vida; aos meus orientadores, que acreditaram em minhas conquistas; aos meus amigos, que me fortaleceram quando precisei e ao meu namorado, que foi meu maior companheiro nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Dentre as inúmeras pessoas que colaboraram durante a realização desse trabalho, gostaria de especialmente agradecer:

Aos meus orientadores de pesquisa na graduação, **Arleu Barbosa Viana Junior** e **Yana Teixeira dos Reis**, que me auxiliaram com conhecimento, perseverança e disciplina;

Aos meus colegas de laboratório **Anderson Eduardo dos Santos** e **Quiones Oliveira Praxedes**, que participaram junto comigo da parte experimental do trabalho e passaram noites na Universidade coletando e triando material para identificação com animação e força de vontade até onde o horário e energia permitiam;

Aos meus colegas de curso **Joedna Alves Campos**, **José Laurindo dos Santos Júnior** e **Ramon Alexandre Lima de Almeida**, que me deram a mão em nome da amizade além de ser em nome da ciência;

À minha amiga especial **Wilcilene Santos de Aragão**, por ter sido bem mais que isso, ouvindo meus comentários de cansaço, me orientando com dicas para ser melhor e me fazendo rir no meio de tudo isso;

Ao meu parceiro **Gildenisson Araujo do Nascimento**, que esteve comigo em todos os momentos e processos da pesquisa, desde a preparação até o resultado desta, e pelo amor e paciência em toda essa jornada. Por ter sido meu colega de trabalho, meu ajudante, minha dupla das coletas, meu auxiliar de correção de escrita, meu amigo e meu amor;

Aos meus pais **Maria Angélica de Mendonça Santos** e **José Adalberto Santos**, que me questionaram sempre o porquê de estar alimentando tão bem as formigas da Universidade ao mesmo tempo em que apoiavam toda e qualquer decisão sobre minha vida e meu futuro.

No geral, agradeço a todos que fizeram parte dessa jornada, pois assim como as formigas, o trabalho em conjunto gera grandes resultados. Obrigada a todos!

RESUMO

A urbanização vem crescendo de maneira acelerada, podendo interferir na maneira em que os organismos se arranjam. No entanto, entender quais os fatores afetam a fauna associada a ambientes urbanos é de interesse recente da Ecologia, uma vez que buscamos a compreensão dos efeitos da urbanização sobre estes organismos. Assim, a Ecologia Urbana tem como alvo descrever e explicar os processos que determinam a abundância e distribuição dos organismos. Desse modo, estudar a biodiversidade dentro dos ecossistemas urbanos pode ajudar a promover futuras tomadas de decisões de como compor uma área verde que favoreça um bom funcionamento à biota e o bem-estar dos que frequentam. Sendo assim, foi testado quais características estruturais das árvores, dentro do campus da Universidade Federal de Sergipe, afetam o particionamento temporal de formigas arborícolas. Sorteou-se 30 árvores e realizou-se a coleta das formigas através de iscas atrativas em dois períodos do dia (8:00-12:00 e 20:00 e 00:00). Foi constatado que as comunidades diurnas e noturnas são distintas e apenas a diversidade β da fauna noturna respondeu aos parâmetros estruturais das árvores. *Camponotus blandus* e *Ca. melanoticus* apresentaram padrões especialistas para o dia e para a noite, respectivamente, e *Cephalotes pusillus* como generalista para os períodos do dia, sendo encontrada em ambos os turnos. Fatores como tamanho, isolamento e característica exótica das árvores modulam a mudança composicional para as formigas arborícolas do período noturno. A planta possuir nectários extraflorais não foi um importante preditor para estruturação da fauna de formigas arborícolas em ambos os períodos. Então, para um melhor planejamento do gerenciamento das áreas verdes dentro do campus, o uso da comunidade de formigas arborícolas noturnas é importante. Desta forma, é interessante se manter no campus as árvores maiores e mais conectadas e promover uma alternância entre espécies arbóreas nativas e exóticas na UFS, para manter uma alta diversidade de formigas arborícolas.

Palavras-chave: Beta diversidade; Conectividade; Mosaico de espécies.

SUMÁRIO

1 Introdução	9
2 Material e métodos	11
2.1 Área de estudo	11
2.2 Coleta, triagem e identificação das formigas.....	14
2.3 Análise dos Dados	14
3 Resultados.....	16
4 Discussão	21
5 Considerações Finais	25
Referências	27

1 Introdução

Formigas é considerado um dos mais diversos grupos nas florestas tropicais, sendo importantes ecossistema em que são encontrados (Hölldobler, Wilson, 1990; Fernández e Delsinne, 2013) e constituem mais da metade dos insetos descritos nas copas das árvores (Stork, 1991). Apesar de existirem poucos estudos específicos para comunidades arborícolas de formigas quando comparadas com as de solo (Ozanne *et al.*, 2003; Basset *et al.*, 2003), é possível encontrar experimentos com a mirmecofauna em copas de árvores para analisar a coocorrência de espécies (Camarota, 2015), resistência a fatores abióticos (Hood e Tschinkel, 1990), formas de nidificação (Philpott e Foster, 2005) e biodiversidade (Majer, 1990), além de suas interações com as plantas (Dáttilo *et al.*, 2014). Por apresentarem formas e comportamentos que lhes permite forragear e nidificar no dossel das árvores (Hölldobler & Wilson 1990), gerar conhecimento desse grupo é importante para avaliar como as espécies são distribuídas dentro das comunidades e quais fatores e processos geram os padrões (Chesson, 2000).

Fatores que podem afetar a organização das comunidades biológicas em áreas florestais podem estar relacionados a uma mistura complexa de processos evolutivos, biogeográficos ou históricos. (Leibold *et al.*, 2004; Ricklefs, 2007). É natural que os organismos presentes naquele ambiente apresentem adaptações às condições e aos recursos, sendo fatores bióticos e abióticos importantes nesse processo. De maneira temporal, algumas espécies se organizam por capacidade de suportar condições, disponibilidade de recursos e até mesmo para evitar competição (Hölldobler e Wilson, 1990; Gotelli e Ellison, 2002). Dessa forma, a Ecologia tenta compreender os padrões espaciais e temporais das comunidades e reunir informações relevantes devido a necessidade de melhor entender como os mecanismos impulsionam a distribuição espaço-temporal de espécies (Da Silva *et al.*, 2018).

No entanto, a distribuição temporal está relacionada à fisiologia do animal (Wiescher, Pearce-Duvet, Feener, 2012), tendo por vez que aqueles que usam o mesmo recurso coexistem para evitar competição (Gotelli e Ellison, 2002). Muitos insetos são utilizados para estudar esses padrões (Torres, 1984; Wolda, 1988; Pinheiro *et al.*, 2002). Formigas ocupam nichos temporais por estarem ativas durante horários específicos do dia (Kotler *et al.*, 2002; Kronfeld-Schor e Dayan, 2003), podendo ser estritamente diurnas, noturnas ou ambas (Díaz–Castelazo *et al.*, 2004). A temperatura é um forte fator

sobre a distribuição de espécies (Schowalter 2011), uma vez que as condições climáticas impulsionam a atividade diária tendo um efeito espacial e temporal sobre a biodiversidade (Da Silva *et al.*, 2018). Isso pode estar diretamente ligado à sua capacidade de se manter no habitat, seja por disponibilidade de alimentos (Bernstein, 1979) ou por preferências de temperatura (Lynch *et al.*, 1980). Assim, para entender quais fatores levam as formigas a se estruturarem nas árvores, é importante estudar quais variáveis possivelmente criam esse padrão.

As formigas são os visitantes mais frequentes das plantas que apresentam de nectários extraflorais (NEF), tanto em habitats de climas temperados, quanto tropicais (Oliveira & Brandão 1991). Esses podem oferecer quantidade e qualidade de néctar diferentes longo do dia (Heil *et al.*, 2000; Falcão, Dáttilo, Izzo, 2014) podendo ser o promotor do particionamento das espécies. Além disso, o tamanho da árvore pode estar diretamente associado a variedades de micro-habitats, interferindo na densidade e na composição de comunidades de insetos associados (Novotný e Basset, 2000), assim como a forma como estão conectados (Basset *et al.*, 1992). Isolamento entre árvores e a ocorrência de plantas exóticas alteram a estrutura e a composição das comunidades (Lescano, 2011), podendo modificar diretamente a complexidade do ambiente físico, impondo barreiras a funções essenciais, como se mover, nidificar ou se refugiar (Clusella-trullas e Garcia, 2017). Sugere-se que a diversidade beta de formigas é maior em copas de árvores do que no solo (Mazzochini *et al.*, 2009), contudo aplicando em ambientes naturais, o que pode diferir de ambientes urbanos.

O processo de urbanização vem ocorrendo de modo acelerado (Kamura *et al.*, 2007), sendo importante conhecer os funcionamentos da comunidade em tais locais. Esse ambiente é associado a paisagens fragmentadas (Lessard e Buddle, 2005) e conhecidos como espaços verdes cercados por zonas comerciais, industriais e em constante atividade e habitação humana local (McIntyre *et al.*, 2001). A urbanização pode afetar a distribuição dos organismos quando observados em grandes escalas (Yamaguchi, 2004), porém processos ecológicos em uma escala podem determinar padrões em outras (Levin, 1992). A resposta local da biodiversidade a essas mudanças são menos claras, mas são de grande utilidade na previsão de respostas globais ligadas à biodiversidade (Da Silva *et al.*, 2018).

A heterogeneidade biológica em habitats urbanos tropicais permanece pouco estudada, apesar do fato de ser a regiões densamente povoadas (Rizali *et al.*, 2008). A recente preocupação com a crescente perda de biodiversidade despertou considerável

interesse no papel dos espaços verdes urbanos como reservatórios da biodiversidade local (Nooten *et al.*, 2018). Realizar trabalhos em ambientes antrópicos que tendem ao crescimento devem ser feitos urgentemente, a fim de entender como conservar grupos de espécies importantes para aquele ambiente, mantendo suas funções e serviços dos ecossistêmicos de forma que proporcionem um habitat de alta qualidade também para humanos.

Esse estudo tem como finalidade compreender o particionamento temporal diário das formigas arborícolas do Campus São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe, reconhecendo quais as variáveis afetam na forma que elas se estruturam. Para isso, foi esperado que i) haja mudanças na composição de formigas quando comparado os turnos; ii) fatores estruturais da árvore, como tamanho, isolamento, presença de nectários extraflorais e serem espécies exóticas, influenciem na diversidade de formigas arborícolas.

2 Material e métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área do campus da Universidade Federal de Sergipe (UFS), localizada no município de São Cristóvão, Sergipe (10° 55' S e 37° 04' O). A UFS compreende uma de área total de aproximadamente 65 hectares e a área de estudo foi em uma porção que compreende em média 55% desse total. Na área de estudo, todas as árvores com circunferência a altura peito/fuste (CAP) acima de 15 cm foram marcadas com etiquetas de metal numeradas e determinadas as suas coordenadas geográficas. Assim um total de 1.484 árvores foram mapeadas e uma amostra de 30 árvores foram sorteadas, respeitando uma distância mínima de 80m entre elas (Figura 1). As árvores foram identificadas em nível específico, e com base no livro de Ferreira *et al.* (2013) foram definidas como exótica ou nativa. De acordo com Weber *et al.* (2018), determinamos se a espécie de planta possuía nectários extraflorais (Tabela 1).



Figura 1. Universidade Federal de Sergipe, campus São Cristóvão, Sergipe, Brasil. Detalhe abaixo das árvores sorteadas mantendo uma distância mínima de 80m.

Tabela 1. Lista de espécies de árvores amostradas na Universidade Federal de Sergipe, campus São Cristóvão, com informações sobre ser ou não exótica e presença de nectário extrafloral.

Família	Espécie	Nome Popular	Nº de indivíduos	Característica	
				Exótica	Presença de NEF
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajueiro	6		x
	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira	2		
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Amendoeira	3	x	x
Fabaceae	<i>Acacia</i> sp.	Acácia	1		x
	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip	Angico-Branco	1		x
	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	Sombreiro	1		
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	1		x
	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingazinho	2		x
	<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P. Queiroz	Pau-ferro	1		x
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Mata-fome	3	x	x
Malvaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Castanheira-do-maranhão	1		
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	Nim	4	x	
Moraceae	<i>Ficus retusa</i> L.	Ficus	1	x	
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringa	1	x	
Myrtaceae	<i>Myrcia obovata</i> (O.Berg) K.D. Hill	Murta-branca	1		
	<i>Syzygium cumini</i> (L.)	Jamelão	1	x	x

2.2 Coleta, triagem e identificação das formigas

A amostragem das formigas arborícolas foi realizada no período diurno e noturno nas 30 árvores que foram selecionadas. Em cada árvore, foi passada três cordas de barbante nos ramos mais altos e equidistantes entre si e uma isca mista de sardinha, óleo e mel foi suspensa por cada corda de barbante e fixada no fuste. As iscagens foram iniciadas entre 8h-9h e 20h-21h para o período do dia e da noite, respectivamente, e retiradas as 12h-13h horas e 00h-01h. Todas as formigas que estiveram sobre as iscas foram coletadas, armazenadas em frascos de vidro. Em laboratório, o material biológico foi triado, montado e identificado em nível de espécie com confirmação através da coleção do Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie da Universidade Estadual Santa Cruz (Ilhéus, BA).

2.3 Análise dos Dados

Descrição da comunidade de formigas arborícolas. Para comparar os dois períodos, realizamos análises de curva de acumulação, métodos multivariados e uma análise de classificação de espécies. A curva de acumulação foi realizada para verificar se a riqueza de espécies de formigas coletadas em ambos os períodos foi estabilizada e, para isso, utilizamos um estimador não-paramétrico (Jackknife 1) de riqueza de espécies (Colwell e Coddington, 1994), considerado como um dos melhores estimadores para esse parâmetro (Palmer, 1990; Walther e Moore, 2005). Baseado na amostragem das 30 árvores, as curvas de acumulação foram construídas com 1000 aleatorizações afim de estimar a riqueza total.

Para testar as diferenças na composição entre os dois períodos, realizamos um modelo linear generalizado multivariado (GLMmv); (Wang *et al.* 2012). A escolha desse modelo em comparação a métodos permutacionais (PERMANOVA ou ANOSIM) foi devido a maior robustez analítica, uma vez que essas análises avaliam parâmetros de localização e dispersão ao mesmo tempo e podemos ter a opção de escolher uma família de destruição de erros e avaliar por diagnostico residual a qualidade dos resultados (Wang *et al.*, 2012). No caso deste estudo, a matriz utilizada foi com dados de presença e ausência sendo a família de distribuição de erros Binomial a mais indicada. O resultado da GLMmv foi plotado em um gráfico de Análise de Coordenadas Principais (PCoA), utilizando a matriz de presença e ausência, e a distância de similaridade de Jaccard.

Por último, para identificar as espécies de formigas que são mais associadas a algum período do dia, fizemos uma classificação multinominal de espécies (CLAM - Multinomial Species Classification Method; Chazdon *et al.*, 2011). Esse método usa uma abordagem de classificação de espécies em dois habitats, ou períodos no nosso caso, em quatro grupos: i) especialistas A (diurna); ii) especialistas B (noturna); iii) generalistas e iv) espécies que são muito raras para ser classificadas como generalistas ou especialistas. Para realizar o CLAM, aplicamos as restrições com base em um valor de $P < 0.05$ e um limiar de especialização de 0.67, considerado por Chazdon *et al.* (2011) como um valor de conservativo.

Teste de predição. Para testar nossas predições de como a diversidade de formigas podem ser afetadas por parâmetros estruturais da árvore, realizamos de uma abordagem de inferência de multimodelos via seleção de modelos pelo Critério de Informação de Akaike (Anderson e Burnham, 2002). Esta é uma abordagem estatística que difere do teste tradicional de hipótese nula, na medida em que pode ser usada para identificar um único melhor modelo, dando suporte a uma hipótese em particular, ou para inferências baseadas em suporte ponderado de um conjunto completo de modelos concorrentes. Para não haver problemas de pseudo-replicação, uma vez que amostramos a mesma árvore em diferentes períodos, construímos conjuntos de modelos separados para os períodos diurno e noturno utilizando três variáveis repostas como um proxy da diversidade: i) incidência de formigas na isca; ii) riqueza de formigas e iii) beta diversidade média. Cada modelo continha uma variável resposta de um determinado período em função das seguintes variáveis preditoras: i) circunferência a altura do peito (CAP); ii) distancia da árvore vizinha mais próxima (DVP); iii) se a árvore é uma espécie exótica (EXO) e iv) se a árvore apresenta nectários extraflorais (NEF).

Os modelos candidatos basearam-se nas hipóteses biológicas concorrentes (*sensu* Chamberlin, 1890) de que a diversidade dependeria: i) de um único fator, isto é, modelos contendo uma única variável explicativa; ii) da ação simultânea dos fatores, ou seja, modelos contendo um dado conjunto das variáveis explicativas ou iii) da ação sinérgica dos fatores, ou seja, modelos contendo um dado conjunto das variáveis explicativas juntamente com suas interações estatísticas. Nesse caso, apenas as interações de segunda ordem foram inseridas.

Inicialmente, um modelo global foi construído para abranger todos os modelos candidatos para uma determinada variável resposta (ex.:

$y \sim (\log(\text{CAP}) + \log(\text{DVP} + 1) + \text{EXO} + \text{NEF})^2$; 2 representa o termo para interações de segunda ordem). Modelos em que a variável resposta era de contagem e foi construído com distribuição de erros tipo Poisson e sendo variáveis respostas contínuas construídas com distribuição de erros Gaussiana. O ajuste e a complexidade de cada modelo candidato foram medidos usando o critério de informações de segunda ordem de Akaike (AICc) modificado para considerar o parâmetro de dispersão (QAICc) e ajuste do chat. O modelo classificado como melhor foi aquele que apresentou o menor (Q)AICc. A inferência sobre a existência de efeitos de variáveis explicativas sobre os parâmetros de diversidade foi feita com base no subconjunto de modelos cujo (Q)AICc diferiam dos valores do melhor modelo em dois ou menos unidades e não continha entre os melhores modelos concorrentes o modelo nulo. A variável resposta cujo modelos concorrentes estão de acordo com os plausíveis para fazer inferência foram submetidos ao *model average* e assim ter uma medida de importância relativa das variáveis (Harrisson *et al.*, 2018). Aquelas variáveis que obtiveram importância relativa igual ou maior que 50% foram usadas para realizar as inferências necessárias às nossas discussões. Por último, o modelo contendo todas as variáveis retidas foi submetido ao particionamento hierárquico, que então computa a contribuição independente de cada variável para avaliar sua importância relativa (Mac Nally, 2000; Murray e Conner, 2009).

3 Resultados

Um total de 19 espécies de formigas, pertencentes a 5 subfamílias e 11 gêneros foram registradas (Tabela 2). As subfamílias Formicinae e Myrmicinae apresentaram as maiores riquezas de espécies (7 espécies cada), seguida por Dolichoderinae e Pseudomyrmecinae (2 spp. cada) e Ponerinae (1 sp.). Dessas 19 espécies, 13 foram coletadas no período da noite, e 11 no período diurno, sendo oito espécies exclusivas do período noturno e seis no período diurno (Figura 2A). As comunidades de cada período não chegaram as assíntotas, e o estimador não-paramétrico Jackknife 1 estimou um total de 23 espécies de formigas (Figura 2B).

Tabela 2. Lista de espécies de formigas amostradas na Universidade Federal de Sergipe, campus São Cristóvão.

Subfamília	Espécie	Ocorrência	
		Diuna	Norturna
Dolichoderinae	<i>Dolichoderus lutosus</i> (Smith, 1858)		X
	<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)		X
Formicinae	<i>Camponotus arboreus</i> (Smith, 1858)	X	X
	<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)		X
	<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	X	
	<i>Camponotus crassus</i> Mayr.	X	X
	<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	X	X
	<i>Camponotus vittatus</i> Forel, 1904		X
	<i>Nylanderia sp1</i>		X
Myrmicinae	<i>Cardiocondyla obscurior</i> Wheeler	X	
	<i>Cephalotes clypeatus</i>	X	
	<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	X	X
	<i>Crematogaster stollii</i> Forel, 1885	X	X
	<i>Crematogaster victima</i> (Smith)		X
	<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	X	
	<i>Pheidole flavens</i> Roger, 1863		X
Ponerinae	<i>Pachycondyla inversa</i> Smith, F., 1858		X
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)	X	
	<i>Pseudomyrmex pallidus</i> (Smith, 1855)	X	

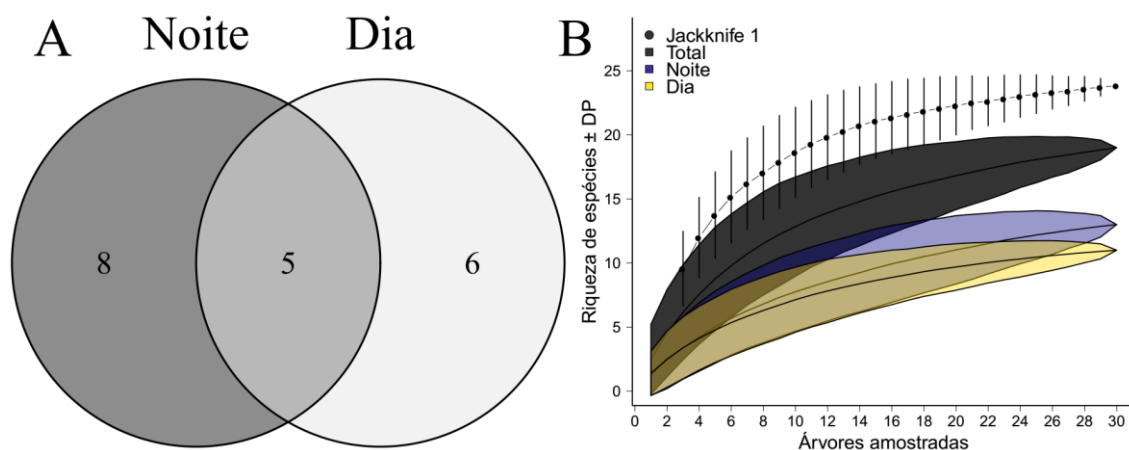


Figura 2. Diagrama de Venn mostrando o número de espécies exclusivas e compartilhadas em ambos os períodos do dia (A); e curva de acumulação de espécies observadas (total, noturno e diurno) e estimadas pelo estimador não-paramétrico Jackknife 1 (B).

O modelo linear generalizado multivariado (GLMmv) mostrou diferença na composição de espécies entre a comunidade diurna e noturna (Deviance= 88.43, $P < 0.001$). Os agrupamentos das árvores indicam que parte considerável delas contém fauna distinta de acordo com o período em que foram amostradas [Figura 3: *Azadirachta indica* de códigos ID (490) e (189), com registro dominante de *Crematogaster stolii* e *Cephalotes pusillus*, respectivamente]. A análise de coordenadas principais demonstra clara separação das comunidades entre os dois períodos do dia (Figura 3).

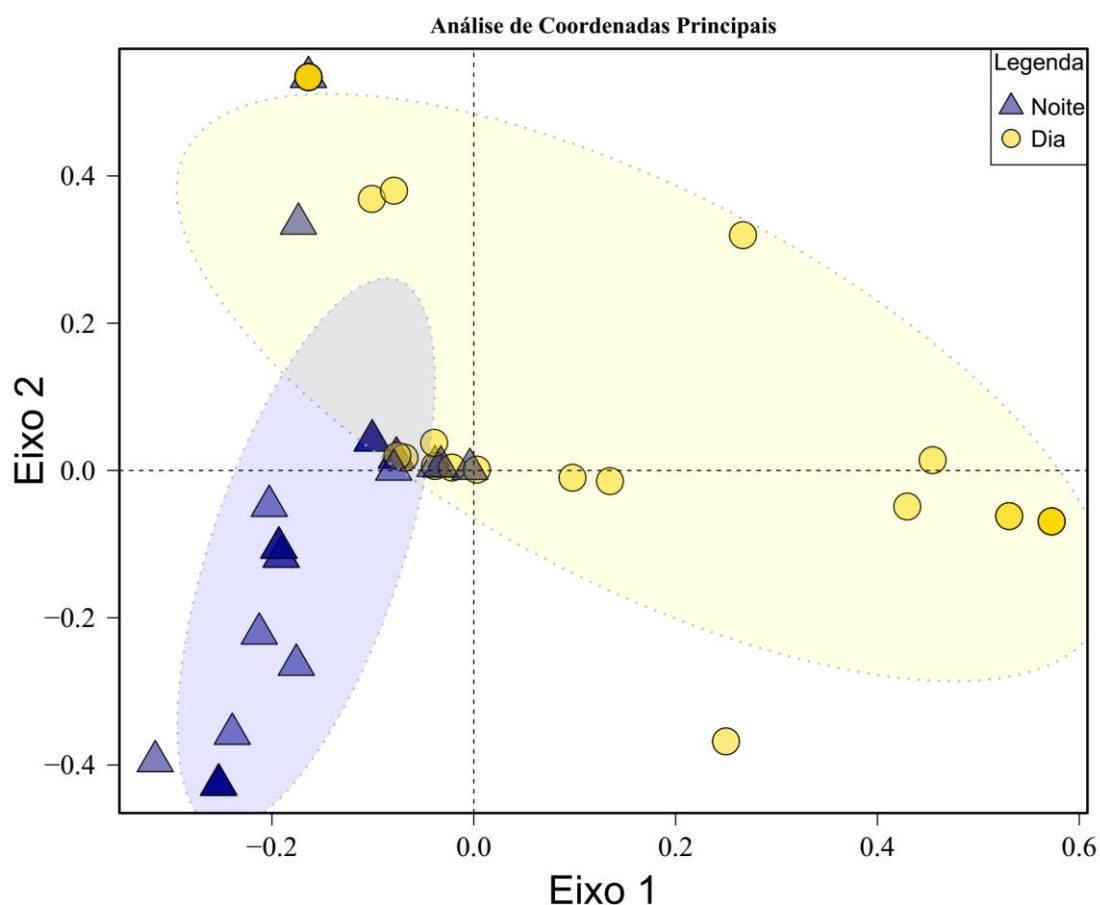


Figura 3. Análise de coordenadas principais (PCoA) entre os períodos do dia para as comunidades de formigas arborícolas amostradas nas árvores da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil. Cada símbolo representa uma árvore amostrada em algum período e as elipses representam um intervalo de confiança de 70%.

A partir do método de classificação multinomial de espécies (CLAM), foi possível identificar duas espécies de hábitos especialistas (uma para cada período) e uma espécie considerada generalista. A espécie *Camponotus blandus* foi definida como especialista diurna e a espécie *Camponotus melanoticus* como especialista noturna, sendo a espécie *Cephalotes pusillus* generalista e não pertencendo a nenhuma das duas

classificações anteriores. Todas as demais formigas coletadas foram classificadas como raras devido a baixa incidência nas iscas (Figura 4).

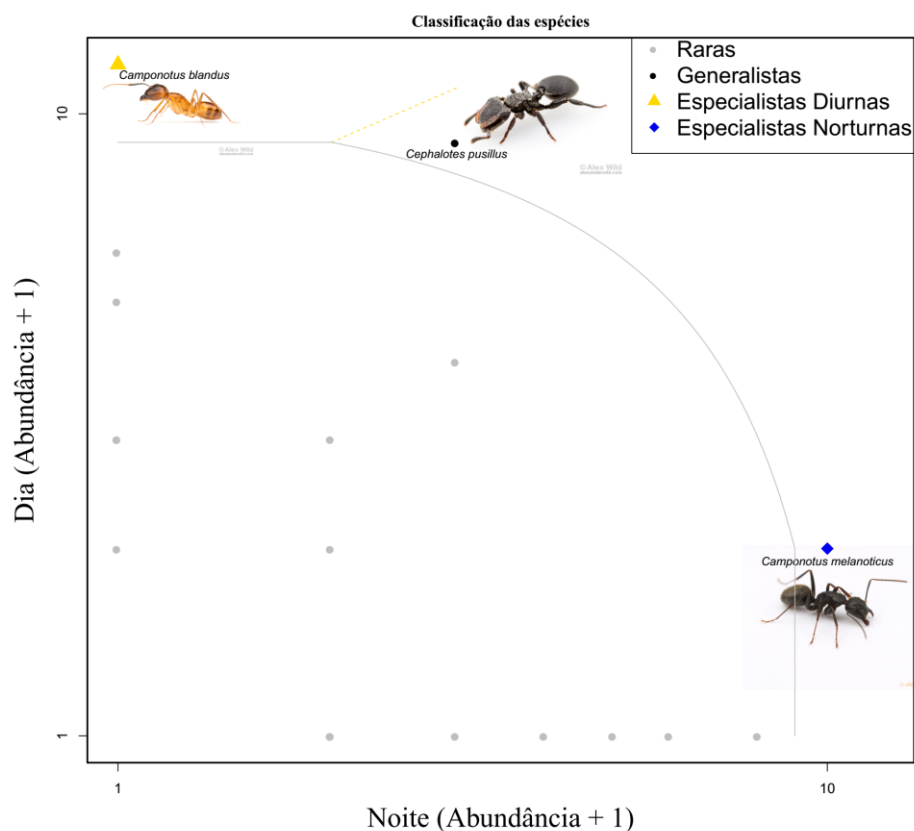


Figura 4. Análise de classificação multinominal de espécies (CLAM) de formigas dentro de quatro classes de acordo com as incidências entre os períodos noturnos e diurnos. Imagens das formigas cedidas pelo site Alex Wild.

De acordo com a seleção de modelos, obtivemos uma resposta somente da beta diversidade média de formigas do período noturno (Tabela 3). Para a comunidade diurna, todos os modelos concorrentes gerados estavam sobre a presença do modelo nulo como um modelo plausível. As variáveis preditoras que influenciaram a beta diversidade média da comunidade noturna foram o tamanho da árvore, contribuindo com 34.75% da variância explicada, a distância do vizinho mais próximo, contribuindo com 34.70%, e se a espécie de planta amostrada era exótica (30.54% da variação explicada); (Figura 5).

Tabela 3. Modelos com evidência empírica substancial ($\Delta < 2$) para os parâmetros da comunidade (variáveis respostas) entre os diferentes períodos do dia no Campus da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe. Variáveis explicativas incluem (1) a distância da árvore vizinha mais próxima (DVP), (2) a circunferência altura do peito (CAP), (3) se a planta era uma espécie exótica (EXO) e (4) se a planta possuía nectários extra-floral (NEF). Os modelos para ambos os períodos compreendem um total de 30 árvores aleatoriamente amostradas ($n = 30$). Variáveis respostas de contagem foram ajustadas a distribuição de erros *Poisson* e variáveis respostas contínuas foram ajustadas a distribuição de erros *Gaussian*. GL = graus de liberdades do modelo; Loglik = log-likelihood; (Q)AICc = critério de informação de Akaike de segunda-ordem (para Incidência e Riqueza foi usado (Q)AICc ajustado pelo chat de sobredispersão; para Beta diversidade o AICc); Δ = diferença do AICc entre os modelos concorrentes do melhor modelo; Peso = peso de Akaike, isto é, a probabilidade de o modelo atual ser o melhor no conjunto de candidatos. Modelo global: $y \sim \log+1(CAP+DVP+EXO+NEF)^2$.

Variável Resposta	Período	Modelos	GL	Loglik	(Q)AICc	Δ	Peso
Incidência (<i>Poisson</i>)	Dia	Nulo	1	-50.05	82.05	0.00	0.26
		NEF	2	-49.25	83.28	1.24	0.14
		DVP	2	-49.68	83.94	1.90	0.1
		EXO	2	-50.02	84.52	2.47	0.08
	Noite	CAP+NEF	3	-47.63	101.19	0.00	0.15
		NEF	2	-49.24	101.62	0.43	0.12
		CAP+NEF+CAP:NEF	4	-46.70	102.30	1.11	0.09
		Nulo	1	-50.91	102.34	1.15	0.08
		CAP	2	-50.01	103.17	1.97	0.06
		DVP+NEF	3	-48.98	103.79	2.60	0.04
Riqueza (<i>Poisson</i>)	Dia	Nulo	1	-39.82	81.78	0.00	0.2
		DVP	2	-39.22	82.88	1.10	0.12
		CAP	2	-39.49	83.42	1.64	0.09
		NEF	2	-39.50	83.51	1.73	0.09
		EXO	2	-39.73	83.9	2.12	0.07
	Noite	Nulo	1	-39.00	80.13	0.00	0.17
		NEF	2	-37.92	80.28	0.15	0.15
		EXO	2	-38.55	81.54	1.41	0.08
		CAP+NEF	3	-37.48	81.89	1.75	0.07
		CAP	2	-38.84	82.13	2.00	0.06
Beta diversidade média (<i>Gaussian</i>)	Dia	CAP+DVP	4	34.67	-59.74	0.00	0.08
		DVP	3	33.31	-59.70	0.04	0.07
		DVP+EXO	4	34.56	-59.52	0.22	0.07
		DVP+EXO+NEF	5	35.98	-59.47	0.27	0.07
		Nulo	2	31.80	-59.16	0.58	0.06
		EXO	3	32.84	-58.77	0.97	0.05
		DVP+NEF	4	34.16	-58.72	1.02	0.05
		CAP+DVP+EXO	5	35.58	-58.66	1.08	0.04
		EXO+NEF	4	33.82	-58.04	1.70	0.03
		NEF	3	32.38	-57.83	1.91	0.03
		CAP+DVP+NEF	5	35.15	-57.80	1.94	0.03
		DVP+EXO+NEF+DVP:NEF	6	36.73	-57.80	1.94	0.03
		CAP+DVP+EXO+NEF	6	36.53	-57.40	2.34	0.02
	Noite	DVP+EXO	4	42.27	-74.93	0.00	0.09
		CAP	3	40.61	-74.30	0.63	0.07
		CAP+EXO	4	41.93	-74.25	0.68	0.07
		CAP+DVP+EXO	5	43.31	-74.12	0.81	0.06
		DVP+EXO+DVP+EXO	5	43.27	-74.04	0.89	0.06
		CAP+DVP	4	41.75	-73.91	1.02	0.06
		DVP	3	40.30	-73.68	1.25	0.05
		CAP+NEF	4	41.22	-72.84	2.09	0.03

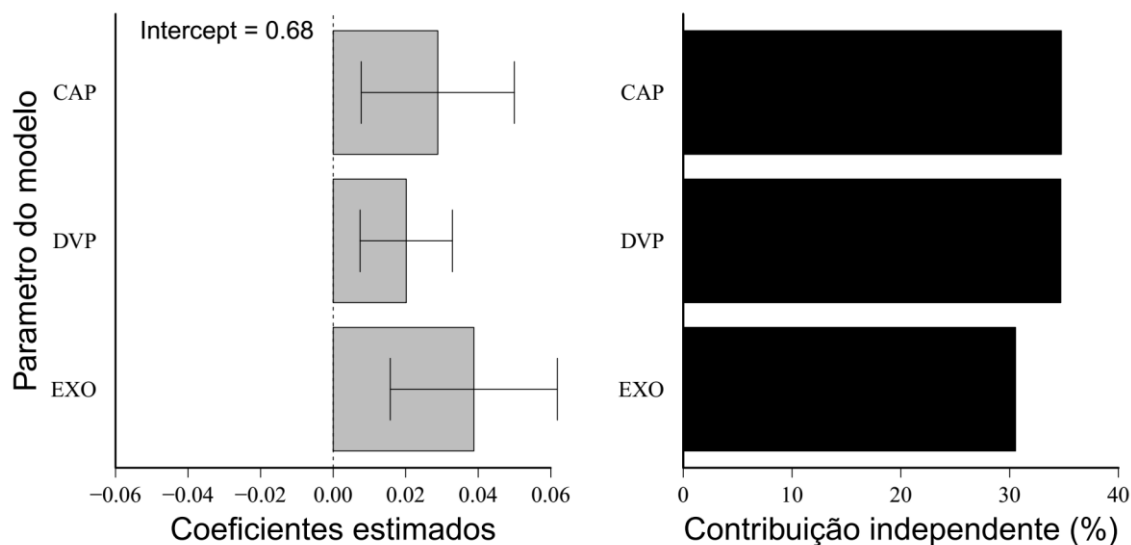


Figura 3. A esquerda os coeficientes médios dos parâmetros que obtiveram valor de importância relativa maior que 50% no *model average* de todos os modelos candidatos (\pm erro padrão). Valores positivos indicam efeito positivo da variável preditora sobre a resposta. A direita os valores da contribuição independente de cada preditor sobre a variável resposta. CAP – circunferência altura do peito; DVP – distância do vizinho mais próximo; EXO – espécie exótica.

4 Discussão

Nosso estudo é um dos pioneiros para o estado de Sergipe, no que se diz respeito a assembleias biológicas associadas a ambientes estritamente urbanos. Os resultados demonstram padrões empíricos de como a comunidade de formigas arborícolas se estruturam no tempo e no espaço, mesmo sendo uma amostragem para ambos os nichos extremamente reduzido para o tempo e localmente para o espaço. Esses dados nos colocam a um passo inicial de como pensar em organizar os espaços verdes da UFS, bem como no planejamento do crescimento do campus para manutenção da biodiversidade e do bem-estar humano da comunidade acadêmica.

Das 19 espécies coletadas em ambos os turnos diários, somente seis delas foram encontradas tanto pelo dia quanto pela noite, apresentando que a composição de formigas encontradas se alterava consideravelmente com a mudança de horários em que foram coletadas. Nossos resultados coincidem com estudos sobre comunidades de insetos (incluindo formigas), nos quais a segregação dia/noite entre as espécies é relativamente alta e representava um mecanismo de coexistência (Escobar, 2008; Stuble *et al.*, 2013). Isto se aplicam em ambientes naturais, contudo mostramos que o padrão se mantém em ambientes antropizados. Esse padrão semelhante ocorre para outros grupos, como

besouros, podendo associar que a temperatura pode estar impulsionando a rotatividade de espécies (ver Da Silva *et al.*, 2018), assim como a disponibilidade de alimento e precipitação (Araújo e Santos, 2009). Nas abelhas, por exemplo, sabe-se que espécies dominantes são mais ativas forrageando néctar nas condições mais frias, enquanto as espécies subordinadas são mais ativas durante o dia (Muniz *et al.*, 2013). Stuble *et al.* (2013) sugere que a temperatura pode ser um fator determinante para segregação temporal, relacionado com disponibilidade de luminosidade ou com a fisiologia do animal. (Amor *et al.*, 2011; Wiescher, Pearce-Duvet, Feener, 2012).

Para formigas, a partição temporal é importante quando se trata de diversidade de espécie e a forma como se arranjam. Esse fator vai permitir o *turnover* temporal desse grupo, mantendo a coocorrência (Stuble *et al.*, 2013). A amostragem desse trabalho se trata um retrato pontual dessa diversidade, podendo ser definido pelas características do desenho amostral realizado (Da Silva, 2018), especificamente devido ao curto período de amostragem (8:00-12:00 e 20:00-00:00). O esperado é que a rotatividade deva ser ainda mais complexa por apresentarem formigas ativas em outros horários. Assim, esse estudo apresenta uma diferença para comunidades diurnas e noturnas em escala local, o que nem sempre acontece para ambientes naturais (Gotelli e Ellison, 2002).

Nesse estudo, foi observado que a espécie *Camponotus blandus* é especialista no turno do dia, corroborando diversos trabalhos (Del-Claro, 1999; Cogni *et al.*, 2000; Alves-Silva *et al.*, 2013) e *Camponotus melanoticus* como especialista noturna (Kaminski *et al.*, 2011; Yusah *et al.*, 2018), apesar de serem tratadas como generalistas extremas quanto ao seu recurso (Dáttilo *et al.*, 2014). São capazes de formar grandes colônias e raramente apresentam comportamentos submissos (Roux *et al.*, 2013). Apesar disso, existem trabalhos que apresentam esse resultado como conflitante, trazendo algumas espécies desse gênero como generalistas extremas quanto ao seu recurso, possivelmente explicado por serem agressivas, territorialistas e abundantes, monopolizando os recursos disponíveis nas árvores, promovendo uma dominância numérica no habitat e excluindo outras formigas submissas (Dáttilo *et al.*, 2014; Fagundes *et al.*, 2017). Essa dominância é bastante recorrente para *Camponotus* em florestas tropicais (Oliveira e Brandão, 1991), trazendo um padrão arborícola dominante (Camarota *et al.*, 2015).

Cephalotes pusillus como generalista costuma se comportar como espécie subordinada ou com subdominância quando há a presença de espécies dominantes (Do Espírito-Santos *et al.*, 2012). Foi assim classificada por esta, ter sido coletada em ambos

os turnos, não demonstrando uma especialidade temporal. Espécies desse gênero costumam estar em repouso enquanto espécies dominantes (*Camponotus sp.*) expõem-se ativas (Byk e Del-Claro, 2010). Apresenta atividade diurna (Kaminski *et al.*, 2011), porém também foi encontrada no período da noite nesse trabalho. Espécies desse gênero, com exceção de *Ce. atratus*, não costumam apresentar comportamento agressivo e são morfológicamente limitadas para atuar como predador, razão de não apresentarem um aparelho bucal adaptado para agarrar, morder ou cortar o possível invasor territorial (Sendoya *et al.*, 2009; Byk e Del-Claro, 2010).

Para a seleção de modelos, a fauna diurna de formigas não respondeu a nenhuma variável explicativa. Sugerimos que isso tenha se dado pelos indivíduos sofrerem estresses abióticos ligados a tolerâncias (Cerdá *et al.*, 1998). Devido a isso, os padrões não são evidentes possivelmente em razão de forças climáticas, considerando que existe uma forte associação entre as condições ambientais e as espécies de formigas (Wiescher, Pearce-Duvet, Feener, 2012). De maneira fisiológica, a tolerância térmica vai afetar as assembleias de formigas que sofrem com a mudança climática (Wiescher, Pearce-Duvet, Feener, 2012), em que espécies menos tolerantes a suportar altas temperaturas serão noturnas e, as mais resistentes ao calor, diurnas (García-Robledo *et al.*, 2016). Isso estrutura a comunidade entre dia e noite das florestas de Mata Atlântica estudadas, determinando a estruturação da comunidade de acordo com sua compatibilidade de características morfológicas e fisiológicas às condições do habitat (Keddy, 1992), definindo também a distribuição da espécie (Lessard *et al.*, 2011; Jenkins *et al.*, 2011) e reduzindo a competição (Hölldobler e Wilson, 1990). A questão de tolerância térmica de formigas ainda é um assunto vago, considerando a dificuldade de se medir com domínio essa variável (ver em LeBrun e Feener, 2007). Ainda assim, informações como esta pode vir a facilitar o funcionamento ecológico dessas espécies para condições climáticas atuais e prever funcionamentos futuros (Folgarait, 1998).

Quando observamos o padrão da comunidade de espécies noturnas, vemos que o tamanho da árvore afeta a diversidade beta de maneira positiva. É tendencioso que árvores maiores tenham uma maior diferença de composição de espécies de formigas quando comparadas a árvores menores por apresentarem copas robustas, oferecendo uma maior área de diferentes micro-habitats para diferentes espécies (Djiéto, 2004; ver Da Costa *et al.*, 2011). O tamanho da copa e a altura da árvore são variáveis intimamente relacionadas e árvores mais baixas ou em estágios iniciais tendem a ser colonizadas também por

espécies de solo. Em árvores maiores, pode ocorrer o estabelecimento de formigas dominantes e agressivas que impedem o acesso de formigas de solo, permitindo somente que espécies arborícolas submissas forrageiem, mas não nidifiquem nessas árvores (Klimes *et al.*, 2012). Esse padrão para tamanho da planta era esperado e faz sentido biológico, por ser uma característica que vai influenciar os padrões de distribuição das formigas, seja na escala do indivíduo arbóreo ou na escala de comunidades (Tanaka *et al.*, 2010; Dejean *et al.*, 2016).

A beta diversidade da comunidade noturna de formigas respondeu de maneira positiva ao isolamento da árvore, ou seja, há uma maior dissimilaridade entre árvores mais distantes entre si quanto às mais próximas. Isso se dá pela fauna em comum associada, uma vez que o fator estruturador da mirmecofauna arborícolas se dá por árvores mais conectadas e com maior compartilhamento de recursos (Majer e Delabie, 1999; Gove e Majer, 2006; Gove *et al.*, 2009). Efeitos do isolamento em comunidade de formigas depende do habitat, o que faz importante realizar testes em vários ambientes para avaliar o papel do isolamento em comunidades biológicas (Chen, 2017). Árvores em locais esparsos provavelmente sofrem mais danos causados pela exposição anormal às condições abióticas, o que poderia causar impactos nas comunidades (Andersen *et al.*, 2009). Além disso, relacionando essa variável com a anterior, árvores maiores e mais conectadas possuem maior sucesso em tamponar o microclima dentro e abaixo do dossel (Majer e Delabie, 1999), construindo uma estruturação de comunidade de espécies que suportam essas condições.

Das dezesseis espécies de árvores amostradas, seis delas eram exóticas e essa variável apresentou importância na forma como as populações de formigas noturnas se arranjam. Esse padrão era esperado dado que invasão de uma nova espécie em um ecossistema pode modificar importantes interações e composição em assembleias de formigas (Andersen, 1986; French e Major, 2001). O resultado do nosso trabalho corrobora com outros trabalhos referente a composição de espécies em sítios dominados por espécies exóticas quando comparadas com nativas (French e Major, 2011; Pryke e Samways, 2012; Roets e Pryke, 2013; Maoela *et al.*, 2016). Neste e nos trabalhos anteriormente citados, a diferença entre comunidades de ambas as áreas se dava por fatores alimentares ou ausência de predadores (Briese, 1982; Olckers *et al.*, 1989). Existem também trabalhos que apresentaram resultados sem dissimilaridade entre as comunidades (Pryke e Samways, 2012; Maoela *et al.*, 2016).

Diversidade beta significativa de locais intactos em comparação com locais invadidos está relacionado com maior heterogeneidade na composição de espécies de plantas (Walz, 2011), permitindo maior coexistência de espécies (Mlambo *et al.*, 2011). Lescano e Farji-Brener (2011) associaram que presença de espécies exóticas em áreas perturbadas beneficia indiretamente assembleias de formigas nativas através do aumento na população de pulgões, que lhe ofereciam recursos alimentares. Apesar da introdução de espécies exóticas ser uma das maiores ameaças à perda de biodiversidade em ambientes naturais (ver em Stohlgren *et al.*, 1999; Abell, 2002), para um ambiente urbano e em pequena escala, os resultados mostraram que espécies arbóreas de formigas foram favorecidas pela presença de espécies exóticas. Trabalhos fortalecem essa conclusão, mostrando o sucesso que as formigas costumam ter em ambientes urbanos (Menke, 2010; Menke *et al.*, 2011, Clusella-Trullas e Garcia, 2017). Isso fundamenta a ideia de que o impacto da presença de espécies exóticas junto com espécies nativas pode depender do contexto ecológico em que se está inserido.

Os resultados de NEF fugiram do padrão esperado visto que a literatura traz que interações formiga-planta com interferência do nectário extrafloral como algo bastante relacionado (Anjos *et al.*, 2017). Apesar de serem característicos para vegetação de florestas tropicais (Schupp e Feener 1991; Coley e Aide 1991), o nosso estudo trouxe que essa variável não afetou a estruturação da comunidade, seja diurna ou noturna. Semelhante a este, o trabalho de Camarota *et al.* (2015) demonstraram que não detectaram diferenças na comunidade de formigas entre espécies de árvores com e sem nectários extraflorais no Cerrado, encontrando a mesma frequência e baixa diferença de riqueza de formigas para ambos os casos. Esse mesmo estudo sugere que isso ocorra devido à falta de especificidade dos membros da comunidade para espécies de árvores com nectários. Árvores que possuem NEF são mais semelhantes entre si, porque as formigas tendem a serem fiéis ao recurso, considerando que é um alimento nutritivo (Ruffner e Clark, 1986; Byk e Del-Claro, 2011) e, a depender das condições, escasso e de alto gasto energético para a planta (Dáttilo *et al.*, 2015).

5 Considerações Finais

Diversos fatores irão influenciar na forma em que as espécies de formigas arborícolas na Universidade Federal de Sergipe vão se arranjar. As faunas diurna e

noturna de um ambiente urbano são distintas quando comparadas, mantendo o padrão encontrado em ambientes naturais, mesmo que para diferentes escalas. Os métodos propostos e as análises realizadas mostraram que apenas a beta diversidade das comunidades noturnas responde às variáveis. No objetivo de manter uma diversidade de formigas arborícolas em um ambiente urbano e crescente, é importante olhar com mais sensibilidade para as formigas noturnas, sabendo que elas se estruturam bem às condições analisadas e que correm o risco de serem afetadas se não houver um planejamento que vise sua manutenção.

Trazendo a aplicabilidade para a manutenção sustentável da assembleia de formigas, é interessante manter árvores grandes, promover conectividade e fazer um mosaico alternado de árvores exóticas e nativas dentro da paisagem da Universidade, na tentativa de auxiliar as políticas de crescimento urbano. Árvores maiores e melhor conectadas tornam o ambiente mais ameno à temperatura, tanto para a fauna associada quanto para os seres humanos que utilizam esse habitat, enquanto combinações de árvores nativas e exóticas promove uma maior diversidade para as formigas, promovendo bom funcionamento ecológico à biota do campus e bem-estar da comunidade acadêmica. Deve-se deixar claro que este estudo não testa todos os mecanismos potenciais para ambientes urbanos, considerando que se trata de um trabalho em pequena escala. A execução dessa proposta é direcionada aos sistemas urbanos, sabendo que a introdução de espécies exóticas em ambientes naturais é uma das grandes preocupações ambientais. É necessário realizar experimentos que prevejam se interações entre espécies nativas e exóticas para ambientes alterados traz algum efeito negativo à composição local de maneira direta ou indireta. Replicar esse trabalho em outros sistemas, sejam para formigas ou para outros organismos, fornecerá respostas necessárias para entender como as espécies coexistem em comunidades urbanas locais.

Referências

- ABELL, R. Conservation biology for the biodiversity crisis: a freshwater follow-up. **Conservation Biology**, v. 16, n. 5, p. 1435-1437, 2002.
- ALVES-SILVA, E.; DEL-CLARO, K. Effect of post-fire resprouting on leaf fluctuating asymmetry, extrafloral nectar quality, and ant-plant-herbivore interactions. **Naturwissenschaften**, v. 100, n. 6, p. 525-532, 2013.
- AMOR, F.; ORTEGA, P.; CERDA, X.; BOULAY, R. R. Solar elevation triggers foraging activity in a thermophilic ant. **Ethology**, v. 117, n. 11, p. 1031-1039, 2011
- ANDERSEN, A. N. Diversity, Seasonality and Community Organization of Ants at Adjacent Heath and Woodland Sites in Southeastern Australia. **Australian Journal of Zoology**, v. 34, n. 1, p. 53-64, 1986.
- ANDERSEN, A. N.; PENMAN, T. N.; DEBAS, N.; HOUADRIA, M. Ant community responses to experimental fire and logging in a eucalypt forest of south-eastern Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 2, p. 188-197, 2009.
- ANDERSON, D. R.; BURNHAM, K. P. Avoiding pitfalls when using information-theoretic methods. **The Journal of Wildlife Management**, v. 66, n 3, p. 912-918, 2002.
- ANJOS, D. V.; CASERIO, A.; REZENDE F. T.; RIBEIRO, S. P.; DEL-CLARO, K.; FAGUNDES, R. Extrafloral-nectaries and interspecific aggressiveness regulate day/night turnover of ant species foraging for nectar on *Bionia coriacea*. **Austral Ecology**, v. 42, n. 3, p. 317-328, 2017.
- ARAÚJO, W. S.; SANTOS, B. B. Efeitos da sazonalidade e do tamanho da planta hospedeira na abundância de galhas de Cecidomyiidae (Diptera) em *Piper arboreum* (Piperaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 2, p. 300-303, 2009
- BASSET, Y; ABERLENC, H-P.; DELVARE, G. Abundance and stratification of foliage arthropods in a lowland rain forest of Cameroon. **Ecological Entomology**, v. 17, n. 4, p. 310-318, 1992.
- BASSET, Y.; KITCHING, R.; MILLER, S.; NOVOTNY, V. **Arthropods of Tropical Forests: Spatio-Temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy**. 1 ed. New York: Cambridge University Press, 2003.
- BERNSTEIN, R. A. Relations between species diversity and diet in communities of ants. **Insectes sociaux**, v. 26, n. 4, p. 313-321, 1979.
- BRIESE, D. T. Relationship between the seed-harvesting ants and the plant community in a semi-arid environment. **Ant-plant interactions in Australia.**, v. 4, p. 11-24, 1982.

- BYK, J.; DEL-CLARO, K. Ant–plant interaction in the Neotropical savanna: direct beneficial effects of extrafloral nectar on ant colony fitness. **Population Ecology**, v. 53, n. 2, p. 327-332, 2011.
- BYK, J.; DEL-CLARO, K. Nectar-and pollen-gathering Cephalotes ants provide no protection against herbivory: a new manipulative experiment to test ant protective capabilities. **Acta Ethologica**, v. 13, n. 1, p. 33-38, 2010.
- CAMAROTA, F.; POWELL, S.; VASCO, H. L.; PRIEST, G.; MARQUIS, R. J. Extrafloral nectaries have a limited effect on the structure of arboreal ant communities in a Neotropical savanna. **Ecology**, v. 96, n. 1, p. 231-240, 2015.
- CERDÁ, X.; RETANA, J.; CROS, S. Critical thermal limits in Mediterranean ant species: trade-off between mortality risk and foraging performance. **Functional Ecology**, v. 12, n. 1, p. 45-55, 1998.
- CHAMBERLIN, T. C. The method of multiple working hypotheses. **Science**, v. 15, n. 366, p. 92-96, 1890.
- CHAZDON, R. L.; CHAO, A.; COLWELL, R. K.; LIN, S-L.; NORDEN, N.; LETCHER, S. G.; CLARK, D. B.; FINEGAN, B.; ARROYO, J. B. A novel statistical method for classifying habitat generalists and specialists. **Ecology**, v. 92, n. 6, p. 1332-1343, 2011.
- CHEN, X.; ADAMS, B.; LAYNE, M.; SWARZENSKI, C.; NORRIS, D.; HOOPER-BUI, L. Effects of isolation on ant assemblages depend on microhabitat. **Ecosphere**, v. 8, n. 12, p. 1-12, 2017.
- CHESSON, P. Mechanisms of maintenance of species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 31, n. 1, p. 343–358, 2000.
- CLUSELLA-TRULLAS, S.; GARCIA, R. A. Impacts of invasive plants on animal diversity in South Africa: A synthesis. **Bothalia-African Biodiversity & Conservation**, v. 47, n. 2, p. 1-12, 2017.
- COGNI, R.; RAIMUNDO, R. L. G.; FREITAS, A. V. L. Daily activity of ants associated with the extrafloral nectaries of *Turnera ulmifolia* L.(Turneraceae) in a suburban area in Southeast Brazil. **Entomologist's Monthly Magazine**, v. 136, n. 1632, p. 141-147, 2000.
- COLEY, P. D. Comparison of plant defenses in temperate and tropical broad-leaved forests. **Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions**, p. 25-49, 1991.

- COLWELL, Robert K.; CODDINGTON, Jonathan A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, v. 345, n. 1311, p. 101-118, 1994.
- DA COSTA, F. V.; NEVES, F. S.; SILVA, J. O.; FAGUNDES, M. Relationship between plant development, tannin concentration and insects associated with *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 5, n. 1, p. 9-18, 2011.
- DA SILVA, P. G.; LOBO, J. M.; HERNÁNDEZ, M. I. M. The role of habitat and daily activity patterns in explaining the diversity of mountain Neotropical dung beetle assemblages. **Austral Ecology**, 2018.
- DÁTTILO, W.; AGUIRRE, A.; FLORES-FLORES, R. V.; FAGUNDES, R.; LANGE, D.; GARCIA-CHAVEZ, J.; DEL-CLARO, K.; RICO-GRAY, V. Secretory activity of extrafloral nectaries shaping multitrophic ant-plant-herbivore interactions in an arid environment. **Journal of Arid Environments**, v. 114, p. 104-109, 2015.
- DÁTTILO, W.; FAGUNDES, R.; GURKA, C. A. Q.; SILVA, M. S. A.; VIEIRA, M. C. L.; IZZO, T. J.; DIAZ-CASTELAZO, C.; DEL-CLARO, KLEBER.; RICO-GRAY, V. Individual-based ant-plant networks: diurnal-nocturnal structure and species-area relationship. **PLOS ONE**, v. 9, n. 6, p. e99838, 2014.
- DEJEAN, A.; AZEMAR, F.; CEREGHINO, R.; LEPOUCE, M.; CORBARA, B.; ORIVEL, J.; COMPIN, A. The dynamics of ant mosaics in tropical rainforests characterized using the Self-Organizing Map algorithm. **Insect science**, v. 23, n. 4, p. 630-637, 2016.
- DEL-CLARO, K.; OLIVEIRA, P. S. Ant-Homoptera Interactions in a Neotropical Savanna: The Honeydew-Producing Treehopper, *Guayaquila xiphias* (Membracidae), and its Associated Ant Fauna on *Didymopanax vinosum* (Araliaceae). **Biotropica**, v. 31, n. 1, p. 135-144, 1999.
- DÍAZ-CASTELAZO, C.; RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P. S.; CUAUTLE, M. Extrafloral nectary-mediated ant-plant interactions in the coastal vegetation of Veracruz, Mexico: Richness, occurrence, seasonality, and ant foraging patterns. **Ecoscience**, v. 11, n. 4, p. 472-481, 2004.
- DJIÉTO-LORDON, C.; DEJEAN, A.; GIBERNAU, M.; HOSSAERT-MCKEY, M.; MCKEY, D. Symbiotic mutualism with a community of opportunistic ants: protection, competition, and ant occupancy of the myrmecophyte *Barteria nigritana* (Passifloraceae). **Acta Oecologica**, v. 26, n. 2, p. 109-116, 2004.

- DO ESPÍRITO SANTO, N. B.; RIBEIRO, S. P.; LOPES, J. F. S. Evidence of competition between two canopy ant species: is aggressive behavior innate or shaped by a competitive environment? **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2012, 2012.
- ESCOBAR, F.; HALFFTER, G.; SOLÍS, A.; HALFFER, V.; NAVARRETE, D. Temporal shifts in dung beetle community structure within a protected area of tropical wet forest: a 35-year study and its implications for long-term conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 6, p. 1584-1592, 2008.
- FAGUNDES, R.; DATTILO, W.; RIBEIRO, S. P.; RICO-GRAY, V.; JORDANO, P.; DEL-CLARO, K. Differences among ant species in plant protection are related to production of extrafloral nectar and degree of leaf herbivory. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 122, n. 1, p. 71-83, 2017.
- FALCÃO, J. C. F.; DÁTTILO, W.; IZZO, T. J. Temporal variation in extrafloral nectar secretion in different ontogenic stages of the fruits of *Alibertia verrucosa* S. Moore (Rubiaceae) in a Neotropical savanna. **Journal of plant interactions**, v. 9, n. 1, p. 137-142, 2014.
- FERNÁNDEZ, F.; DELSINNE, T. ANT ECOLOGY. 2010. Edited by L. Lach, CL Parr & KL Abbott. Oxford University Press. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 39, n. 1, p. 174-176, 2013.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, D. G.; ALMEIDA, E. S.; NASCIMENTO, M. I. C.; PRATA, A. P. N. **Manual de Dendrologia: Espécies florestais nativas e exóticas do Campus de São Cristóvão**. São Cristóvão: UFS, 2013.
- FOLGARAIT, P. J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. **Biodiversity & Conservation**, v. 7, n. 9, p. 1221-1244, 1998.
- FRENCH, K.; MAJOR, R. E. Effect of an exotic *Acacia* (Fabaceae) on ant assemblages in South African fynbos. **Austral Ecology**, v. 26, n. 4, p. 303-310, 2001.
- GARCÍA-ROBLEDO, C.; KUPREWICZ, E.K.; STAINES, C.L.; ERWIN, T.L.; KRESS, W.J. Limited tolerance by insects to high temperatures across tropical elevational gradients and the implications of global warming for extinction. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 3, p. 680-685, 2016.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. Assembly rules for New England ant assemblages. **Oikos**, v. 99, n. 3, p. 591-599, 2002.

- GOVE, A. D.; MAJER, J. D. Do isolated trees encourage arboreal ant foraging at ground-level? Quantification of ant activity and the influence of season, in Veracruz, Mexico. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 113, n. 1-4, p. 272-276, 2006.
- GOVE, A. D.; MAJER, J. D.; RICO-GRAY, V. Ant assemblages in isolated trees are more sensitive to species loss and replacement than their woodland counterparts. **Basic and Applied Ecology**, v. 10, n. 2, p. 187-195, 2009.
- HARRISON, X. A.; DONALDSON, L.; CORREA-CANO, M. E.; EVANS, J.; FISHER, D. N.; GOODWIN, C. E. D.; ROBINSON, B. S.; HODGSON, D. J.; INGER, R. A brief introduction to mixed effects modelling and multi-model inference in ecology. **PeerJ**, v. 6, p. 47- 94, 2018.
- HEIL, M.; FIALA, B.; BAUMANN, B.; LINSENMAIR, K. E. Temporal, spatial and biotic variations in extrafloral nectar secretion by *Macaranga tanarius*. **Functional Ecology**, v. 14, n. 6, p. 749-757, 2000.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge: Harvard University Press, 1990.
- HOOD, W. G.; TSCHINKEL, W. R. Desiccation resistance in arboreal and terrestrial ants. **Physiological Entomology**, v. 15, n. 1, p. 23-35, 1990.
- JENKINS, C. N.; SANDERS, N. J.; ANDERSEN, A. N.; ARNAN, X.; BRUHL, C. A.; CERDA, X.; ELLISON, A. M.; FISHER, B. L.; FITZPATRICK, M. C.; GOTELLI, N. J.; GOVE, A. D.; GUENARD, B.; LATTKE, J. E.; LESSARD, J-P.; MCGLYNN, T. P.; MENKE, S. B.; PARR, C. L.; PHILPOTT, S. M.; VASCONCELOS, H. L.; WEISER, M. D.; DUNN, R. R. Global diversity in light of climate change: the case of ants. **Diversity and Distributions**, v. 17, n. 4, p. 652-662, 2011.
- KAMINSKI, L. A.; RODRIGUES, D. Species-specific levels of ant attendance mediate performance costs in a facultative myrmecophilous butterfly. **Physiological entomology**, v. 36, n. 3, p. 208-214, 2011.
- KAMURA, C. M.; MORINI, M. S. C.; FIGUEIREDO, C. J.; BUENO, O.C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in an urban ecosystem near the Atlantic Rainforest. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 4, p. 635-641, 2007.
- KEDDY, P. A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, n. 2, p. 157-164, 1992.
- KLIMES, P.; IDIGEL, C.; RIMANDAI, M.; FAYLE, T. M.; JANDA, M.; WEIBLEN, G. D.; NOVOTNY, V. Why are there more arboreal ant species in primary than in

secondary tropical forests?. **Journal of Animal Ecology**, v. 81, n. 5, p. 1103-1112, 2012.

KOTLER, B. P.; BROWN, J. S.; BOUSKILA, B. A.; MUKHERJEE, C. S.; GOLDBERGD, T. et al. Foraging games between gerbils and their predators: temporal dynamics of resource depletion and apprehension in gerbils. **Evolutionary Ecology Research**, v. 4, n. 4, p. 495-518, 2002.

KRONFELD-SCHOR, N.; DAYAN, T. Partitioning of time as an ecological resource. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, n. 1, p. 153-181, 2003.

LEBRUN, E. G.; FEENER, D. H. When trade-offs interact: balance of terror enforces dominance discovery trade-off in a local ant assemblage. **Journal of Animal Ecology**, v. 76, n. 1, p. 58-64, 2007.

LEIBOLD, M. A.; HOLYOAK, M.; MOUQUET, N.; AMARASEKARE, P.; CHASE, J. M.; HOOPES, M. F.; HOLT, R. D.; SHURIN, J. B.; LAW, R.; TILMAN, D.; LOREAU, M.; GONZALES, A. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. **Ecology letters**, v. 7, n. 7, p. 601-613, 2004.

LESCANO, M. N.; FARJI-BRENER, A. G. Exotic thistles increase native ant abundance through the maintenance of enhanced aphid populations. **Ecological research**, v. 26, n. 4, p. 827-834, 2011.

LESSARD, J-P; BUDDLE, Christopher M. The effects of urbanization on ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) associated with the Molson Nature Reserve, Quebec. **The Canadian Entomologist**, v. 137, n. 2, p. 215-225, 2005.

LESSARD, J-P.; SACKETT, T. E.; REYNOLDS, W. N.; FOWLER, D. A.; SANDERS, N. J. Determinants of the detrital arthropod community structure: the effects of temperature and resources along an environmental gradient. **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 333-343, 2011.

LEVIN, S. A. The problem of pattern and scale in ecology: the Robert H. MacArthur award lecture. **Ecology**, v. 73, n. 6, p. 1943-1967, 1992.

LYNCH, JAMES F.; BALINSKY, EDWARD C.; VAIL, STEPHEN G. Foraging patterns in three sympatric forest ant species, *Prenolepis imparis*, *Paratrechina melanderi* and *Aphaenogaster rudis* (Hymenoptera: Formicidae). **Ecological Entomology**, v. 5, n. 4, p. 353-371, 1980.

MAC NALLY, Ralph. Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: the distinction between—and reconciliation of—

‘predictive’ and ‘explanatory’ models. **Biodiversity & Conservation**, v. 9, n. 5, p. 655-671, 2000.

MAJER, J. D.; DELABIE, J. H. C. Impact of tree isolation on arboreal and ground ant communities in cleared pasture in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. **Insectes sociaux**, v. 46, n. 3, p. 281-290, 1999.

MAJER, J. D. The abundance and diversity of arboreal ants in northern Australia. **Biotropica**, p. 191-199, 1990.

MAOELA, M. A.; ROETS, F.; JACOBS, S. M.; ESLER, K. J. Restoration of invaded Cape Floristic Region riparian systems leads to a recovery in foliage-active arthropod alpha- and beta-diversity. **Journal of insect conservation**, v. 20, n. 1, p. 85-97, 2016.

MAZZOCHINI, G. G.; CHELLINI, M-C. M.; MANICA, L. T.; PROVETE, D. B. A copa das árvores abriga menos espécies de formiga do que o solo da floresta. **Livro do curso de campo “Ecologia da Floresta Amazônica” XVIII**, 2009.

MCINTYRE, N. E.; RANGO, J.; FAGAN, W. F.; FAETH, S. H. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. **Landscape and urban planning**, v. 52, n. 4, p. 257-274, 2001.

MENKE, S. B.; BOOTH, W.; DUNN, R. R.; SCHAL, C.; VARGO, E. L.; SILVERMAN, J. Is it easy to be urban? Convergent success in urban habitats among lineages of a widespread native ant. **PLoS One**, v. 5, n. 2, p. e9194, 2010.

MENKE, S. B.; GUÉNARD, B.; SEXTON, J. O.; WEISER, M. D.; DUNN, R. R.; SILVERMAN, J. Urban areas may serve as habitat and corridors for dry-adapted, heat tolerant species; an example from ants. **Urban Ecosystems**, v. 14, n. 2, p. 135-163, 2011.

MLAMBO, M. C.; BIRD, M. S.; REED, C. C.; DAY, A. Diversity patterns of temporary wetland macroinvertebrate assemblages in the south-western Cape, South Africa. **African Journal of Aquatic Science**, v. 36, n. 3, p. 299-308, 2011.

MUNIZ, J. M.; PEREIRA, A. L. C.; VALIM, J. O. S.; CAMPOS, W. G. Patterns and mechanisms of temporal resource partitioning among bee species visiting basil (*Ocimum basilicum*) flowers. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 7, n. 5, p. 491-502, 2013.

MURRAY, K.; CONNER, M. M. Methods to quantify variable importance: implications for the analysis of noisy ecological data. **Ecology**, v. 90, n. 2, p. 348-355, 2009.

- NOOTEN, Sabine S. et al. What shapes plant and animal diversity on urban golf courses?. **Urban Ecosystems**, v. 21, n. 3, p. 565-576, 2018.
- NOVOTNÝ, V.; BASSET, Y. Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. **Oikos**, v. 89, n. 3, p. 564-572, 2000.
- OLCKERS, P. E. et al. Insect herbivore diversity on the exotic weed *Solanum mauritianum* Scop. and three other *Solanum* species in the eastern Cape Province. **Journal of the Entomological Society of Southern Africa**, v. 52, n. 1, p. 81-93, 1989.
- OLIVEIRA, P. S.; BRANDÃO, C. R. F. The ant community associated with extrafloral nectaries in the Brazilian cerrados. **Ant-plant interactions**. Oxford, p. 198-212, 1991.
- OZANNE, C. M.; ANHUF, D.; BOULTER, S. L.; KELLER, M.; KITCHING, R. L.; KORNER, C. MEINZER, F. C.; MITCHELL, A. W.; NAKASHIZUKA, T.; DIAS, P. L.; STORK, N. E.; WRIGHT, S. J.; YOSHIMURA, M. Biodiversity meets the atmosphere: a global view of forest canopies. **Science**, v. 301, n. 5630, p. 183-186, 2003.
- PALMER, M. W. The estimation of species richness by extrapolation. **Ecology**, v. 71, n. 3, p. 1195-1198, 1990.
- PHILPOTT, S. M.; FOSTER, P. F. Nest-site limitation in coffee agroecosystems: artificial nests maintain diversity of arboreal ants. **Ecological applications**, v. 15, n. 4, p. 1478-1485, 2005.
- PINHEIRO, F.; DINIZ, I. R.; COELHO, D.; BANDEIRA, M. P. S. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. **Austral Ecology**, v. 27, n. 2, p. 132-136, 2002.
- PRYKE, J. S.; SAMWAYS, M. J. Conservation management of complex natural forest and plantation edge effects. **Landscape Ecology**, v. 27, n. 1, p. 73-85, 2012.
- RICKLEFS, R. E. History and diversity: explorations at the intersection of ecology and evolution. **The American Naturalist**, v. 170, n. 2, p. 56-70, 2007.
- RIZALI, A.; BOS, M. M.; BUCHORI, D.; YAMANE, S.; SCHULZE, C. H. Ants in tropical urban habitats: the myrmecofauna in a densely populated area of Bogor, West Java, Indonesia. **HAYATI Journal of Biosciences**, v. 15, n. 2, p. 77-84, 2008.
- GARCÍA-ROBLEDO, Carlos et al. Limited tolerance by insects to high temperatures across tropical elevational gradients and the implications of global warming for extinction. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 3, p. 680-685, 2016.
- ROETS, F.; PRYKE, J. S. The rehabilitation value of a small culturally significant island based on the arthropod natural capital. **Journal of Insect Conservation**, v. 17, n. 1, p. 53-65, 2013.

- ROUX, O.; ROSSI, V.; CEREGHINO, R.; COMPIN, A.; MARTIN, J. M.; DEJEAN, A. How to coexist with fire ants: the roles of behaviour and cuticular compounds. **Behavioural processes**, v. 98, p. 51-57, 2013.
- RUFFNER, G. A.; CLARK, W. D.. Extrafloral nectar of *Ferocactus acanthodes* (Cactaceae): composition and its importance to ants. **American Journal of Botany**, v. 73, n. 2, p. 185-189, 1986.
- SCHOWALTER, T. D. **Insect ecology: An ecosystem approach**. 4. ed. Cambridge: Academic Press, 2016.
- SCHUPP, E. W.; FEENER, D. H. Phylogeny, lifeform, and habitat dependence of ant-defended plants in a Panamanian forest. Huxley. **Ant-plant interactions**, p. 175-197, 1991.
- SENDOYA, S. F.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Egg-laying butterflies distinguish predaceous ants by sight. **The American Naturalist**, v. 174, n. 1, p. 134-140, 2009.
- STOHLGREN, T. J.; BINKLEY, D.; CHONG, G. W.; KALKHAN, M. A.; SCHELL, L. D.; BULL, K.A; OTSUKI, Y.; NEWMAN, G.; BASHKIN, M.; SON, Y. Exotic plant species invade hot spots of native plant diversity. **Ecological monographs**, v. 69, n. 1, p. 25-46, 1999.
- STORK, N. E. The composition of the arthropod fauna of Bornean lowland rain forest trees. **Journal of Tropical Ecology**, v. 7, n. 2, p. 161-180, 1991.
- STUBLE, K. L.; RODRIGUEZ-CABAL, M. A.; MCCORMICK, G. L.; JURIC, I.; DUNN, R. R.; SANDERS, N. J. Tradeoffs, competition, and coexistence in eastern deciduous forest ant communities. **Oecologia**, v. 171, n. 4, p. 981-992, 2013.
- TANAKA, H. O.; YAMANE, S.; ITIOKA, T. Within-tree distribution of nest sites and foraging areas of ants on canopy trees in a tropical rainforest in Borneo. **Population Ecology**, v. 52, n. 1, p. 147, 2010.
- TORRES, J. A. Niches and coexistence of ant communities in Puerto Rico: repeated patterns. **Biotropica**, v. 16, n. 4, p. 284-295, 1984.
- WALTHER, B. A.; MOORE, J. L. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. **Ecography**, v. 28, n. 6, p. 815-829, 2005.
- WALZ, U. Landscape structure, landscape metrics and biodiversity. **Living reviews in landscape research**, v. 5, n. 3, p. 1-35, 2011.

- WANG, Y.; NAUMANN, U.; WRIGHT, S. T.; WARTON, D. I. mvabund—an R package for model-based analysis of multivariate abundance data. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 3, n. 3, p. 471-474, 2012.
- WEBER, M.G., Porturas, L.D., and K.H. KEELER. **World list of plants with extrafloral nectaries**. Disponível em: www.extrafloralnectaries.org. Acesso em: 8 de nov. de 2018.
- WIESCHER, P. T.; PEARCE-DUVET, J. M. C; FEENER, D. H. Assembling an ant community: species functional traits reflect environmental filtering. **Oecologia**, v. 169, n. 4, p. 1063-1074, 2012.
- WOLDA, H. Insect seasonality: why?. **Annual review of ecology and systematics**, v. 19, n. 1, p. 1-18, 1988.
- YAMAGUCHI, T. Influence of urbanization on ant distribution in parks of Tokyo and Chiba City, Japan I. Analysis of ant species richness. **Ecological Research**, v. 19, n. 2, p. 209-216, 2004.
- YUSAH, K. M. et al. Ant mosaics in Bornean primary rain forest high canopy depend on spatial scale, time of day, and sampling method. **PeerJ**, v. 6, p. 42-31, 2018.